

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ q ΚΑΙ m ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ. ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΚΩΤΣΑΝΤΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

Προπτυχιακή Φοιτήτρια Π.Π., civ7332@upnet.gr

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ-ΜΟΡΦΕΑΣ

Προπτυχιακός Φοιτητής Π.Π., civ7400@upnet.gr

Περίληψη

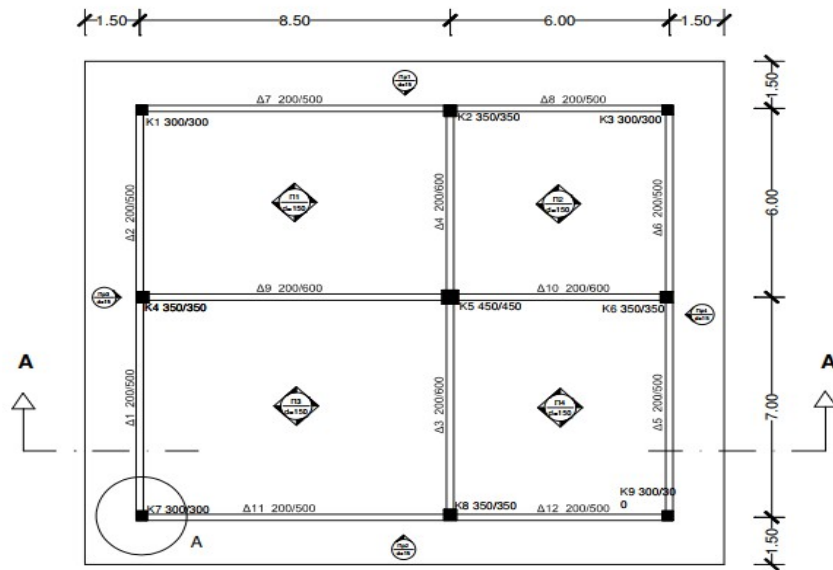
Η παρούσα εργασία έχει στόχο την αναλυτική διαδικασία εφαρμογής ενίσχυσης από ινοπλισμένα πολυμερή άνθρακα και μεταλλικό κλωβό με τη μέθοδο του καθολικού συντελεστή συμπεριφοράς Q καθώς και με τη μέθοδο των τοπικών δεικτών πλαστιμότητας m , ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων. Επιπρόσθετα, η παρούσα εργασία στοχεύει και στη διερεύνηση της επιρροής των τοιχοπληρώσεων στην ανάλυση. Όσον αφορά τη μέθοδο q , στόχος της εργασίας είναι η ενίσχυση της κατασκευής με ελαστική ανάλυση κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. ώστε να επιτευχθεί ο συντελεστής συμπεριφοράς q που απαιτείται για την επάρκεια του κτηρίου και η αποτίμηση της ενισχυμένης κατασκευής με στατική ανελαστική ανάλυση για την εκτίμηση του ακριβέστερου συντελεστή συμπεριφοράς q . Όσον αφορά τη μέθοδο m σκοπός είναι η αποτίμηση-ενίσχυση, ώστε όλα τα στοιχεία να μπορούν να επιδείξουν τους απαιτούμενους δείκτες πλαστιμότητας m , και έπειτα η αποτίμηση της ενισχυμένης κατασκευής με στατική ανελαστική ανάλυση ώστε να γίνει ο έλεγχος αν τα στοιχεία της κατασκευής επαρκούν.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να εφαρμοστεί και να παρουσιαστεί η διαδικασία ενίσχυσης με ινοπλισμένα πολυμερή άνθρακα και με μεταλλικό κλωβό και με τις δύο μεθόδους του ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013, του καθολικού συντελεστή συμπεριφοράς Q καθώς και με τη μέθοδο των τοπικών δεικτών πλαστιμότητας m , ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων. Επιπρόσθετα, η παρούσα εργασία στοχεύει και στη διερεύνηση της επιρροής των τοιχοπληρώσεων στην ανάλυση. Όσον αφορά τη μέθοδο q , στόχος της εργασίας είναι η αποτίμηση-ενίσχυση της κατασκευής με ελαστική ανάλυση κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. ώστε να επιτευχθεί ο συντελεστής συμπεριφοράς q που απαιτείται για την επάρκεια του κτηρίου και η αποτίμηση της ενισχυμένης κατασκευής με στατική ανελαστική ανάλυση για την εκτίμηση του ακριβέστερου συντελεστή συμπεριφοράς q . Όσον αφορά τη μέθοδο m σκοπός είναι η αποτίμηση-ενίσχυση, ώστε όλα τα στοιχεία να μπορούν να επιδείξουν τους απαιτούμενους δείκτες πλαστιμότητας m , και έπειτα η αποτίμηση της ενισχυμένης κατασκευής με στατική ανελαστική ανάλυση ώστε να γίνει ο έλεγχος αν τα στοιχεία της κατασκευής επαρκούν.

Η στατική ανελαστική ανάλυση λαμβάνει υπόψιν τα μη γραμμικά χαρακτηριστικά των μελών, επομένως μπορεί να εξαχθεί ένα ακριβέστερο συμπέρασμα για τη μεταελαστική συμπεριφορά των στοιχείων των μελών. Οι έλεγχοι για την ανελαστική στατική ανάλυση πραγματοποιούνται σε όρους μετακινήσεων. Λαμβάνεται υπόψιν επίσης ότι οι διατομές των μελών λειτουργούν με μειωμένες δυσκαμψίες.

Αρχικά παρουσιάζεται ο φορέας Σχήμα 1.:



Σχήμα 1.Κάτοψη κτηρίου

Το κτήριο είναι διόροφο και κατασκευασμένο το 1975. Τα στοιχεία των οπλισμών είναι τα εξής:

Υποστηλώματα:

- Γωνιακά, διαστάσεων 300x300 με οπλισμό 4Φ20
- Περιμετρικά (μη γωνιακά), διαστάσεων 350x350 με οπλισμό 4Φ18
- Κεντρικό, διαστάσεων 450x450 με οπλισμό 8Φ16

Όλα τα υποστηλώματα φέρουν συνδετήρες Φ8/200.

Δοκοί:

- Περιμετρικές, διαστάσεων 200x500 με οπλισμό 4Φ14 στο κάτω πέλμα στο άνοιγμα, τα μισά των οποίων κάμπτονται στις στηρίξεις όπου υπάρχει επιπλέον αντισεισμικός οπλισμός 2Φ14.
- Εσωτερικές, διαστάσεων 200x600 με οπλισμό 4Φ16 στο κάτω πέλμα στο άνοιγμα, τα μισά των οποίων κάμπτονται στις στηρίξεις όπου υπάρχουν επιπρόσθετα 2Φ18.

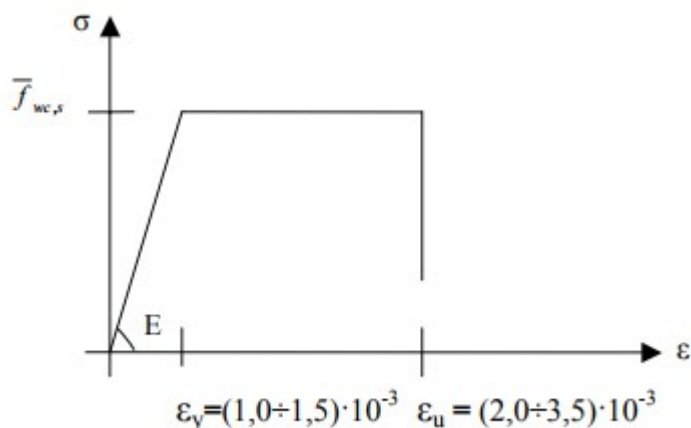
Επιπλέον, το κτήριο βρίσκεται σε ζώνη σεισμικότητας II, με κατηγορία εδάφους B, και σπουδαιότητα συνήθη.

Υλικά: Σκυρόδεμα $f_{cm}=20$ MPa και χάλυβας $f_{ym}=400$ MPa

Για την ανάλυση έγιναν οι εξής παραδοχές: η θεμελίωση προσομειώθηκε με πακτώσεις στη βάση, και οι πλάκες αντικαταστάθηκαν με πλακοδοκούς και χρησιμοποιήθηκε διαφραγματική λειτουργία.

2. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

2.1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ



Σχήμα 2. Καταστατικός Νόμος τοιχοπληρώσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.4.)

Οι τοιχοπληρώσεις λαμβάνονται υπόψιν στο προσομοίωμα όπως ορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.4. (Σχήμα 2.). Για τις ανάγκες της ανάλυσης προσομοιώθηκαν με διαγώνιες θλιβόμενες ράβδους ορισμένων διαστάσεων και καταστατικό νόμο όπως ορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. Για να μη δημιουργηθούν αστάθειες στην ανάλυση, εισηχθησε στο πρόγραμμα αυτός ο καταστατικός νόμος για τις τοιχοπληρώσεις λαμβάνοντας όμως υπόψιν και μία πολύ μικρή εφελκυστική αντοχή με μεγάλη παραμορφωσιμότητα σε εφελκυσμό. Επιλέχθηκε $\epsilon_y = 0,001$ και $\epsilon_u = 0,0032$.

Η αντοχή των τοιχοπληρώσεων σε θλίψη λήφθηκε ίση με $f_{wc,s} = 1500 \text{ KPa}$ σύμφωνα με τον Πίνακα 1:

Τιμές (σε kPa) των μέσων αντοχών

$\bar{f}_{wc,s}$ (λοξή θλίψη) και \bar{f}_{wv} (διαγώνια ρηγμάτωση)

	ΤΟΙΧΟΣ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΦΗΝΩΣΗΣ		
		ΚΑΛΗ	ΜΕΣΗ	ΚΑΚΗ
$\bar{f}_{wc,s}$	Μπατικός	2000	1500	1000
	Δρομικός	1500	1000	750
\bar{f}_{wv}	Μπατικός	250	200	150
	Δρομικός	200	150	100

Πίνακας 1. 21^ο Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών, Μ. Χρονόπουλος (Επιστ. Συνεργάτης Ε.Μ.Π.)

Για τον υπολογισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των τοιχοπληρώσεων χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 7.4.1.ζ2.

2.2. ΠΡΟΚΑΡΚΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

Για τις δύο μεθόδους (q,m) και τα διαφορετικά υλικά πραγματοποιήθηκε η εξής προκαταρκτική ανάλυση για τις προϋποθέσεις εφαρμογής ελαστικής ανάλυσης κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. §5.5.2.

Πραγματοποιήθηκε μία ελαστική ανάλυση για $q=1$ ώστε να προσδιοριστούν οι δείκτες ανεπάρκειας των μελών και η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος T. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε

χρησιμοποιώντας το φάσμα του Ευρωκώδικα 8 για σεισμική επιτάχυνση $a_g=0,24g$, και για το σεισμικό συνδυασμό $G+0,3q+-E_x$. Εφόσον η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για $+, - E_x$ τα εντατικά μεγέθη που προέκυψαν αντιστοιχούν σε \max αξονικό και σε \min αξονικό. Η προκατακτική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την ύπαρξη τοιχοπληρώσεων στο προσομείωμα και χωρίς.

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. στην §5.5.2. προσδιορίζει τις προϋποθέσεις εφαρμογής ελαστικής ανάλυσης. Στη συνέχεια ελέγχεται η ισχύς των προϋποθέσεων:

i) Το $\max \lambda$ προκύπτει μεγαλύτερο του 2,5 συνεπώς, σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 5.5.2.α. (i) για $\lambda > 2,5$ το κτήριο θα πρέπει να είναι μορφολογικά κανονικό, στη δική μας περίπτωση θεωρείται μορφολογικά κανονικό.

ii) Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτηρίου T_0 είναι πράγματι μικρότερη από $4T_c$.

Με τοιχοπληρώσεις: $T=0,47158 \text{ sec} < 4T_c$

Χωρίς τοιχοπληρώσεις: $T=0,64 \text{ sec} < 4T_c$

iii) Ο λόγος της οριζόντιας διάστασης σε έναν όροφο προς την αντίστοιχη διάσταση σε ένα γειτονικό όροφο δεν υπερβαίνει πράγματι το 1,5.

iv) Το κτήριο δεν παρουσιάζει έντονα ασύμμετρα κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη, σε οποιονδήποτε όροφο.

ΜΕΡΟΣ Α'

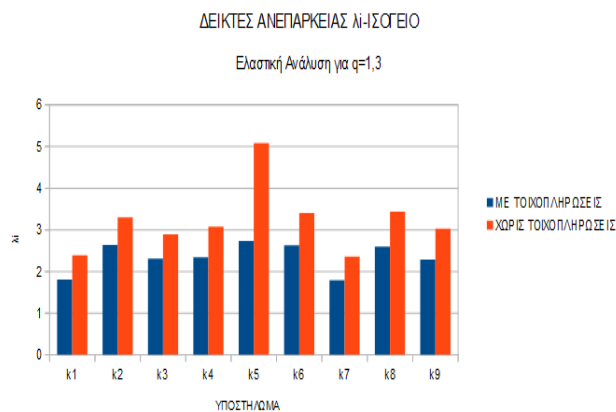
3. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΜΕΘΟΔΟΣ Q

Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο του δείκτη συμπεριφοράς q αυτός θα εκτιμάται από την §4.6. Συγκεκριμένα από τον Πίνακα Σ.4.4. του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

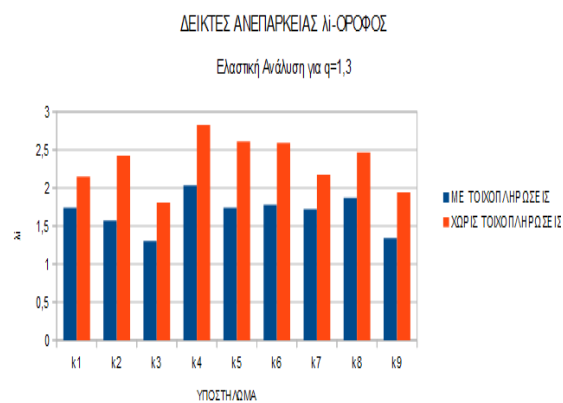
Για τις ανάγκες των παρακάτω αναλύσεων επιλέχθηκε ο δείκτης συμπεριφοράς για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής $q=1,3$ ενώ οι υπόλοιποι παράμετροι δηλαδή φάσμα Ευρωκώδικα και φασματική επιτάχυνση λήφθησαν οι ίδιοι με την παράγραφο 2.2(προϋποθέσεις εφαρμογής ελαστικής ανάλυσης).

1) Προσδιορισμός δεικτών ανεπάρκειας υποστηλωμάτων:

Ο δείκτης ανεπάρκειας ορίζεται ως $\lambda_i = M_{ed}/M_{rd}$, όπου M_{ed} το εντατικό μέγεθος της ροπής (για $q=1,3$) και M_{rd} η αντοχή του μέλους. Η αντοχή των μελών υπολογίστηκε με βάση τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης (*Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος Μέρος 1, Μιχαήλ Φαρδής*). Αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε για όλα τα υποστηλώματα, ισογείου και ορόφου. Επίσης, να τονιστεί ότι προσδιορίστηκε διαφορετικό λ_{max} για τις δύο περιπτώσεις σεισμού $+, -E_x$ ωστόσο παρουσιάζεται μόνο το δυσμενέστερο. Στα Σχήματα 3.α-3.δ. παρουσιάζονται οι δείκτες ανεπάρκειας.



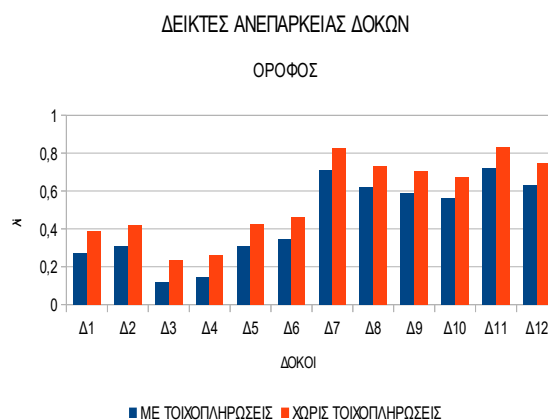
Σχήμα 3.α.



Σχήμα 3.β.



Σχήμα 3.γ.



Σχήμα 3.δ.

Η ενίσχυση για την αύξηση πλαστιμότητας προφανώς θα πραγματοποιηθεί στα υποστηλώματα της κατασκευής.

2) Προσδιορισμός στοχευόμενου δείκτη q

Ως δείκτης συμπεριφοράς q επιλέγεται τέτοιος ώστε όταν πραγματοποιείται ανάλυση με αυτόν να προκύπτει δείκτης ανεπάρκειας για το πλέον εύτρωτο πρωτεύον στοιχείο περίπου ίσος με 1. Για τον συντελεστή υπεραντοχής επιλέγεται (ΚΑΝ.ΕΠΕ. Παράρτημα 4.2) $q_u=1,2$ αλλά διορθώνεται με κατάλληλο συντελεστή $\lambda=0,9$ (για παλαιά κτήρια και παλαιότερους χάλυβες υψηλής αντοχής) σε $q_u=0,9*1,2=1,08$. Τελικά υπολογίζεται ο παράγων πλαστιμότητας $q_p=q/q_u$. Το μ_d υπολογίζεται ως: $\mu_d=q_p$ όταν $T > T_c$

$$\mu_d=1+(T_c/T)*(q_p-1) \text{ όταν } T < T_c$$

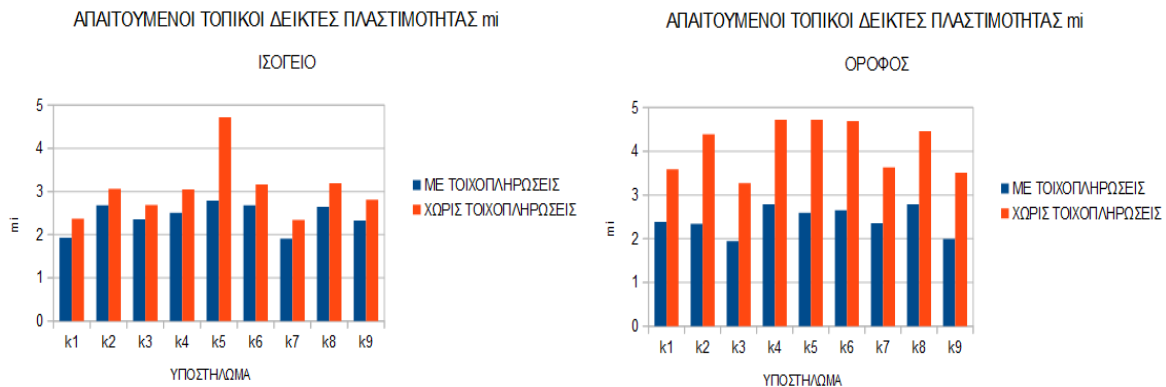
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3:

ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ	ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ
$q=5,1$	$q=2,9$
$q_u=1,08$	$q=1,08$
$q=4,72$	$q_p=2,685$
$T=0,64 \text{ sec}$	$T=0,47158$
$T_c=0,5 \text{ sec}$	$T_c=0,5$
$\mu_d=4,72$	$\mu_d=2,7867$

Πίνακας 3.

3) Ελέγχεται η ικανότητα όλων των δομικών μελών να επιδείξουν τοπικούς δείκτες πλαστιμότητας 'm' ικανούς για την επίτευξη αυτού του συνολικού δείκτη qπ.

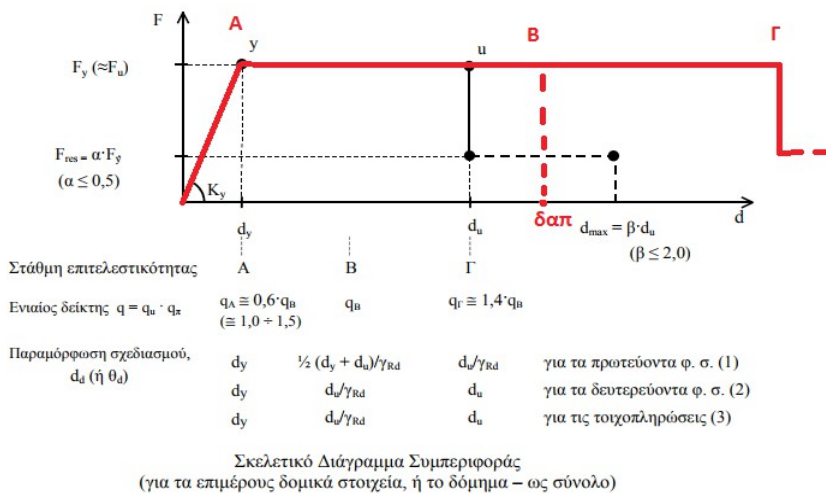
Υπολογίζεται ο απαιτούμενος τοπικός δείκτης πλαστιμότητας 'm' κάθε μέλους $m_i = (\lambda_i / \lambda_{max}) \cdot \mu_d$. Ο όρος αυτός προσδιορίζει ουσιαστικά τον επιμερισμό της 'ευθύνης' για την ικανότητα παραμόρφωσης κάθε μέλους, τέτοια ώστε να επιδεικνύει η κατάσκευή δείκτη πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων μ_d (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §8.2.3.δ). Έτσι προκύπτουν τα εξής m_i που παρουσιάζονται στα Σχήματα 4.α.-4.β..



Σχήμα 4.α.

Σχήμα 4.β.

iii) Η παραπάνω απαίτηση όμως δεν είναι η πλαστιμότητα που θα αποδοθεί εν τέλει στα μέλη. Επιθυμούμε να αποδοθεί στην κατασκευή μας τόση πλαστιμότητα, ώστε η απαιτούμενη δυνατότητα παραμόρφωσης πέραν του ορίου διαρροής (δαπ) να αντιστοιχεί στη Στάθμη Επιτελεστικότητας Β.



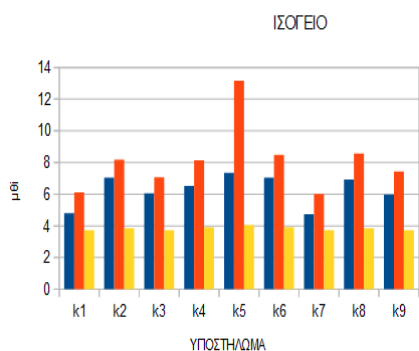
Σχήμα 5.

Το Σχήμα 5. απεικονίζει σχηματικά τη μετατόπιση των ορίων των σταθμών επιτελεστικότητας ώστε η απαιτούμενη μετακίνηση d_{ap} (που εκφράζεται μέσω του m_i) να ταυτιστεί με το όριο της στάθμης Β'. Για να επαρκεί η κατασκευή για τη Β' Στάθμη Επιτελεστικότητας (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §4.7.1) ο τοπικός δείκτης πλαστιμότητας $m_i = \theta d / \theta_y$ όπου $\theta d = 0,5 \cdot (\theta_y + \theta_u) / \gamma_{rd}$ (για πρωτεύοντα στοιχεία) και $\gamma_{rd} = 1,5$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. Παράρτημα 9). Θέτοντας $\mu \theta = \theta_u / \theta_y$ καταλήγουμε σε $m_i = (\mu \theta + 1) / 3$, όπου $\mu \theta$ η **απαιτούμενη** πλαστιμότητα σε όρους γωνίας θ του κάθε μέλους και m_i τα ως άνω υπολογισθέντα. **Με τον τρόπο αυτό**

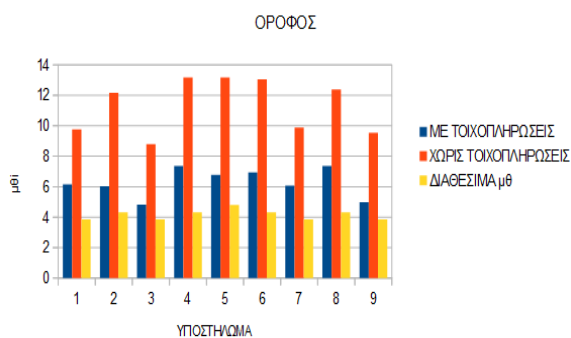
λαμβάνουμε υπόψιν και την απαίτηση σε σχέση με τους δείκτες ανεπάρκειας, αλλά και την απαίτηση σε σχέση με τη Στάθμη για την οποία θέλουμε να επαρκεί το ενισχυμένο κτήριο. Λύνοντας ως προς $\mu\theta$ βρίσκουμε τα απαιτούμενα $\mu\theta$ που πρέπει να αναπτύξει κάθε μέλος για την επάρκεια του.

Υπολογίζονται και οι διαθέσιμοι δείκτες στροφής $\mu\theta$ οπότε γίνεται ο έλεγχος απαίτησης ενίσχυσης. Οι διαθέσιμοι δείκτες στροφής $\mu\theta$ υπολογίζονται ως το πηλίκο $\mu\theta = \theta u / \theta y$. Ακολουθεί πίνακας των υπολογισθέντων διαθέσιμων $\mu\theta$. Το θy για κάθε υποστηλώμα υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση Σ.4. Της παραγράφου 7.2.2. και του Παραρτήματος 7.Α. του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Και τα θu υπολογίζονται από τη σχέση Σ.8.α. Της παραγράφου 7.2.4. Οι απαιτούμενοι δείκτες πλαστιμότητας σε όρους στροφής $\mu\theta$ παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.α.-6.β..

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ $\mu\theta$ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ $\mu\theta$ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ $\mu\theta$ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ $\mu\theta$



Σχήμα 6.α.



Σχήμα 6.β.

Σημειώνεται πως η απόφαση ενίσχυσης ή μη ενίσχυσης δεν πάρθηκε αποκλειστικά από τη σύγκριση των απαιτούμενων $\mu\theta$ με τα διαθέσιμα $\mu\theta$. Ελέγχθηκε και αν το απαιτούμενο $e_{cu,c}$ είναι μεγαλύτερο του 0,0035 (παραμόρφωση απερίσφικτου σκυροδέματος). Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. παρακάτω.

4) Υπολογισμός απαιτούμενων δεικτών πλαστιμότητας σε όρους καμπυλοτήτων μ_1/r

Επιτρέπεται η χρήση των τύπων $\mu\delta = \mu\theta$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ Παράρτημα 4) και $\mu_1/r = 3 * \mu\delta - 2$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §8.2.3) για να υπολογισθεί η απαιτούμενη τιμή μ_1/r (του δείκτη πλαστιμότητας σε όρους καμπυλοτήτων) του κάθε μέλους.

Σε αυτό το σημείο πραγματοποιείται και ο υπολογισμός των $e_{cu,c}$ για να γίνει η επιλογή των στοιχείων που θα ενισχυθούν, όπου $e_{cu,c} = 2,2 * \mu_1/r * e_{sy} * \nu$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 §8.2.3.δ). Για την ανάλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις ενισχύθηκαν όλα τα υποστηλώματα του κάτω ορόφου, και όλα του πάνω ορόφου εκτός από τα K3, K9. Για την ανάλυση με τοιχοπληρώσεις ενισχύθηκαν όλα τα υποστηλώματα του ισογείου εκτός από τα K3, K9, ομοίως και στον όροφο.

5) Επιλογή ενίσχυσης

Παρουσιάζεται η διαδικασία ενίσχυσης για ένα υπόστηλωμα (K1 ισογείου), για την ανάλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις. Για τα υπόλοιπα υποστηλώματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες τα αποτελέσματα.

ι)Ενίσχυση με μεταλλικό κλωβό

1)Αρχικά υπολογίστηκε από το $\mu_{1/r}$ το $\epsilon_{cu,c} = 2,2 \cdot \mu_{1/r} \cdot \epsilon_{sy} \cdot \nu = 0,22$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 §8.2.3.δ)

2)Από το $\epsilon_{cu,c}$ υπολογίστηκε το $\alpha \cdot \omega_{wd}$, $\epsilon_{cu,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 §8.2.3.δν, Σχέση 8.18)

3)Υπολογισμός συντελεστή περίσφιγξης α

Για τις διαστάσεις της μεταλλικής διατομής τύπου L50x50x5 ($f_y = 235 \text{ MPa}$) που διατρέχει το μέλος σε όλο το ύψος του και τοποθετείται στις γωνίες, επιλέγεται διάσταση $b_p = d_p = 50 \text{ mm}$. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §6.2.2, Σχήμα Σ6.9.). Σύμφωνα με την §6.2.2 λαμβάνεται $\alpha_s = 0,9$, και υπολογίζεται το α_n σύμφωνα με την σχέση (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013, Σχέση Σ.6.13)

$$\alpha_n = 1 - \frac{1}{3A_c} [b_c^2(1-\beta)^2 + d_c^2(1-\gamma)^2]$$

Όπου $A_c = b_c \cdot d_c = 0,3 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} = 0,09 \text{ m}^2$, $\beta = 2 \cdot b_p / b_c = 0,33$, $\gamma = 2 \cdot d_p / d_c = 0,33$

Άρα $\alpha_n = 0,7037$. Με γνωστά τα α_s και α_n υπολογίζεται ο συντελεστής περίσφιγξης $\alpha = \alpha_s \cdot \alpha_n = 0,633$.

4)Υπολογισμός γεωμετρικού ποσοστού περίσφιγξης ω_{wd}

Με γνωστό το α υπολογίζεται το $\omega_{wd} = 0,295$.

5)Υπολογισμός A_{sw}/s

$\omega_{wd} = \rho_w \cdot f_{yd} / f_{cd}$ (ΕΚΩΣ 2000, 18.4.4.2.)

όπου,

$$\rho_w = 2 \cdot \min(\rho_b, \rho_h) = 2 \cdot \min(n_b \cdot A_{sw,σκ} / (b \cdot s); n_h \cdot A_{sw,σκ} / (b \cdot s))$$

Στην περίπτωση μας $b = h = 0,3 \text{ m}$ καθώς και $n_b = n_h = 2$, επομένως:

$$\rho_w = 2 \cdot (A_{sw}/s) \cdot 2 / 0,3 \Rightarrow \omega_{wd} = 2 \cdot (A_{sw}/s) \cdot (235 \cdot 1,5 / (16 / 1,15)) \Rightarrow A_{sw}/S = 1,156$$

6)Υπολογισμός απόστασης μεταλλικών ελασμάτων, S

Για το K1 επιλέγονται ελάσματα διαστάσεων 25x5 ($f_y = 235 \text{ MPa}$)

$$S = A_{sw} / (A_{sw,σκ} / S) = (25 \cdot 5) / 1,156 = 108,11 \text{ mm} < 0,5 \cdot b = 175 \text{ (κατασκευαστικά ελάχιστα)}$$

Επομένως τοποθετούνται καθ' ύψος L50x50x5 και ελάσματα $b_w \cdot t_w = 25 \times 5$ ανά 105 mm.

ι)Ενίσχυση με επικολητά υφάσματα ΙΟΠ άνθρακα (CFRP)

Ακολουθούνται οι διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 §Σ.8.2.3.(α), (δ) και §6.2.3

1) Γίνεται εξομάλυνση των γωνιών σε μήκος $b_p = d_p = 50 \text{ mm}$.

2)Υπολογισμός συντελεστή περίσφιγξης α

$\alpha_n = 0,7037$ όπως και προηγουμένως έχει προκύψει,

και $\alpha_s = 1$, επειδή το υφάσμα είναι συνεχές.

Επισημαίνεται πως $\epsilon_{cu,c} = 0,0035 \cdot (f_c^* / f_c)^2$, (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013, εξ.8.19)

3)Θα χρησιμοποιηθούν υφάσματα ινοπλισμένων πολυμερών με ίνες άνθρακα με μέτρο ελαστικότητας $E_j = 231 \text{ GPa}$, $f_{jk} = 3800 \text{ MPa}$ (λαμβάνοντας υπόψιν την προβλεπόμενη μείωση της αντοχής λόγω στρογγύλευσης των γωνιών), όπου:

$f_{cd}^* = \epsilon_{cu,c} \cdot f_{cd}^2 / 0,0035$, (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013, εξ. 6.21) όπου $\epsilon_{cu,c}$ όπως υπολογίστηκε για το μεταλλικό κλωβό παραπάνω $\epsilon_{cu,c} = 0,22$.

Άρα: $f_{cd}^* = (1,125 + 1,25 \cdot \alpha \cdot \omega_w) \cdot f_{cd}$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §6.2.3,σχέση 6.21).

Επομένως $\omega_{wd} = 1,584$

4)Προσδιορισμός απαίτησης υλικού

$$f_{jd} = f_{jk} / 1,2 \text{ (Λαμβάνεται } \gamma_m = 1,2)$$

Οπότε:

Απαιτούμενο συνολικό πάχος υφάσματος tol :

$$tol = (A_{sw}/S) = (\omega_{wd} \cdot f_{cd}) / (2 \cdot \min(n_b/b, n_h/h) \cdot f_{jd}), \text{ όπου πάλι } n_b = n_h = 2 \text{ και } b = h = 0,3 \text{ m.}$$

Επομένως καταλήγουμε σε $tol = 0,4 \text{ mm}$, και τίθενται 2 στρώσεις των 0,2mm .

Να σημειωθεί πως στις περιπτώσεις που οι στρώσεις κ, ξεπερνούν ή ήταν ίσες με 4 τέθηκε:

$$f_{jd} = f_{jd} * \psi, \text{ όπου } \psi = \kappa^{(-/4)}.$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΙΣΟΓΕΙΟ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	μ1/r	εcu,c	ΠΛΗΘΟΣxΠΑΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s			
k1	0.2683216374	16.354548749	0.0222046933	2x0.2	L50x50x5	25x5/105			
k2	0.2656064447	19.610772629	0.0263562628	3x0.2	L70x70x9	25x9/145			
k3	0.2487298246	12.593545901	0.0158498957	2x0.14	L50x50x5	25x5/150			
k4	0.3255110634	22.4414709	0.0369630321	4x0.3	L50x50x7	50x7/135			
k5	0.2110812216	37.5	0.0400526618	6x0.3	L70x70x9	50x9/125			
k6	0.3379815252	18.55545028	0.0317332809	4x0.3	L50x50x7	50x7/160			
k7	0.2528362573	16.07033583	0.0205596073	3x0.16	L50x50x5	25x5/115			
k8	0.2658444683	20.703099423	0.0278492506	3x0.2	L70x70x9	25x9/135			
k9	0.2367391813	13.460589921	0.0161244441	2x0.14	L50x50x5	25x5/150			
ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΟΡΟΦΟΣ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	μ1/r	εcu,c	ΠΛΗΘΟΣxΠΑΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s			
k1	0.1128315789	27.274069049	0.015571524	2x0.15	L50x50x5	25x5/150			
k2	0.0971883996	34.491592633	0.0169620444	2x0.2	L50x50x5	25x5/150			
k3	0.0555035737	12.611880671	0.0035420225	-	-	-			
k4	0.1377039742	37.5	0.0261293291	3x0.17	L70x70x9	25x9/145			
k5	0.0941671215	37.5	0.0130570686	2x0.2	L70x70x6	25x6/160			
k6	0.137701826	24.70044209	0.0172105577	3x0.15	L70x70x6	25x6/160			
k7	0.1088426901	27.649718127	0.0152279167	2x0.15	L50x50x5	25x5/150			
k8	0.0999230934	35.162810568	0.0177786986	2x0.2	L50x50x5	25x5/150			
k9	0.0523736192	13.868357059	0.0036752604	-	-	-			
ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΙΣΟΓΕΙΟ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	μ1/r	εcu,c	ΠΛΗΘΟΣxΠΑΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s			
k1	0.2953912281	12.394319325	0.0185255364	2x0.17	L50x50x5	25x5/130			
k2	0.2781344791	15.161473776	0.0213376588	3x0.17	L70x70x9	25x5/100			
k3	0.2971128655	9.4638147701	0.0142278149	-	-	-			
k4	0.3026607948	17.540765866	0.0268630448	3x0.2	L50x50x7	50x5/135			
k5	0.202045744	20.080693272	0.0205295262	3x0.2	L70x70x9	50x5/150			
k6	0.3012055854	13.896535336	0.0211797131	3x0.17	L50x50x7	50x5/175			
k7	0.2849397661	12.204905774	0.0175969748	2x0.17	L50x50x5	25x5/115			
k8	0.2791071966	14.827702939	0.0209409041	3x0.17	L70x70x9	25x5/100			
k9	0.2830538012	9.2882259858	0.0133030824	-	-	-			
ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΟΡΟΦΟΣ				CFRP			ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ		
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	μ1/r	εcu,c	ΠΛΗΘΟΣxΠΑΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s			
k1	0.1199380117	16.461009368	0.0099899617	1x0.17	L50x50x5	25x5/150			
k2	0.0965056928	16.07634296	0.0078503806	1x0.12	L50x50x5	25x5/175			
k3	0.0326403509	12.47667897	0.0020606505	-	-	-			
k4	0.1291789474	20.080693272	0.0131256543	1x0.3	L70x70x9	25x9/175			
k5	0.0756517219	18.325790164	0.0070150706	1x0.17	L70x70x6	25x6/225			
k6	0.0644343716	18.843971266	0.0061438492	1x0.12	L70x70x6	25x6/175			
k7	0.1175122807	16.221311149	0.0096453885	1x0.17	L50x50x5	25x5/150			
k8	0.0979153598	20.080693272	0.009949014	2x0.2	L50x50x5	25x5/175			
k9	0.0271040936	12.954114149	0.0017766142	-	-	-			

Πίνακας 4.

4. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΜΕΘΟΔΟΣ m

Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των τοπικών δεικτών πλαστιμότητας αυτοί θα εκτιμούνται από την §4.7 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Όπως και στην περίπτωση ενιαίου δείκτη συμπεριφοράς q για Β Στάθμη Επιτελεστικότητας έχουμε : $m = \mu\theta/3 + 1/3$ (πρωτεύον στοιχείο, $\gamma_{rd} = 1,5$). Οι διαθέσιμες πλαστιμότητες στροφές χορδής έχουν ήδη υπολογιστεί ως $\mu\theta$, διαθ(3.1.) οπότε εύκολα βρίσκουμε τους διαθέσιμους τοπικούς δείκτες πλαστιμότητας 'm' για κάθε μέλος.

Για την αποτίμηση της κατασκευής πραγματοποιήθηκε ανάλυση για $q=1$ χρησιμοποιώντας τις ίδιες παραμέτρους (φάσμα Ευρωκωδικα και σεισμική επιτάχυνση) για το σεισμό με αυτές

της ελαστικής ανάλυσης q.Παρακάτω παρουσιάζεται βηματικά η διαδικασία αποτίμησης-ενίσχυσης με τη μέθοδο m.

1)Γενική ανίσωση ασφαλείας

Σύμφωνα με την Παράγραφο 9.3.2:

(α)Για οιονεί πλάστιμα στοιχεία $S_{ed}=S_g+S_{\varepsilon}/m < R_d$

(β)Για ψαθυρούς τρόπους αστοχίας: $S_d < R_d$ όπου το S_d προκύπτει με βάση τις αρχές του ικανοτικού σχεδιασμού και την ισορροπία του στοιχείου.

Στην κατασκευή μας εντοπίζονται 3 στοιχεία τα οποία συμπεριφέρονται ψαθυρά,δηλαδή $V_{Rd,red} < 1,15 \cdot V_{MR}$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ Παράρτημα 4.2.γ.iii).Τα στοιχεία αυτά είναι τα Κ5,Κ6 ισογείου και Κ5 ορόφου.Προτεραιότητά μας είναι να εξασφαλίσουμε σε αυτά τα μέλη τη δυνατότητα να συμπεριφερθούν πλαστικά.Η διαδικασία που ακολουθούμε είναι να επέμβουμε με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας(ΚΑΝ.ΕΠΕ §8.2.2) με στόχο $V_{Rd}=V_d$ όπου V_d η τέμνουσα που υπολογίστηκε για τις αρχές του ικανοτικού σχεδιασμού §9.3.2.β.i..Η ενίσχυση θα γίνει με CFRP και Μεταλλικό κλωβό.

Παρακάτω στον Πίνακα 5 φαίνονται οι απαραίτητοι υπολογισμοί:

Έλεγχος και επέμβαση για αποφυγή ψαθυρού τρόπου αστοχίας:

ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	VMR	Vrd	Vrd,red/VMR	Mrc1,2	ΣMRb,1	ΣMRb,2	ΣMRc,1	ΣMRc,2	M1,d	M2,d	M	Vd
Κ5 ΟΡΟΦΟΣ	144,76	127,89	0,88	173,14	424,46	424,46	391,44	173,14	548,02	594,25	1142,26	439,33
Κ6 ΟΡΟΦΟΣ	65,39	69,03	1,06	92,80	281,78	281,78	190,55	92,80	266,77	394,49	661,26	254,33
Κ5 ΙΣΟΓΕΙΟ	179,51	154,37	0,86	210,78	0,00	424,46	391,44	391,44	295,09	295,09	590,17	226,99

Πίνακας 5.

Απαίτηση:

Τα χαρακτηριστικά των υλικών που επιλέχθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 6.:

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ									
κ5 ισόγειο									
VRD,S	Vjd	εju	Fj,k (Mpa)	σjd (Mpa)	ρj	Aj/s			
154,371088038	72,618544	0,028	235	195,83333	0,00201	0,0004533			
κ5 όροφος									
VRD,S	Vjd	εju	Fj,k (Mpa)	σjd (Mpa)	ρj	Aj/s			
114,082543038	325,24998	0,028	235	195,83333	0,00902	0,0020304			
κ6 ισόγειο									
VRD,S	Vjd	εju	Fj,k (KN)	σjd (Mpa)	ρj	Aj/s			
76,1715747692	29,103041	0,028	235	195,83333	0,00104	0,0002336			
ΙΟΠ									
ΑΝΘΡΑΚΑ									
κ5 ισόγειο									
VRD,S (KN)	Vjd(KN)	εju	Ej (Mpa)	εj,max	εj,crit	Fj,k (Mpa)	σjd (Mpa)	Ai/sj=ti	
154,371088038	72,618544	0,028	231000	0,015	0,0075	1732,5	1443,75	9E-005	
κ5 όροφος									
VRD,S (KN)	Vjd(KN)	εju	Ej (Mpa)	εj,max	εj,crit	Fj,k (Mpa)	σjd (Mpa)	Ai/sj=ti	
114,082543038	325,24998	0,028	231000	0,015	0,0075	1732,5	1443,75	0,00041	
κ6 ισόγειο									
VRD,S (KN)	Vjd(KN)	εju	Ej (Mpa)	εj,max	εj,crit	Fj,k (Mpa)	σjd (Mpa)	Ai/sj=ti	
76,1715747692	29,103041	0,028	231000	0,015	0,0075	1732,5	1443,75	4E-005	

Πίνακας 6.

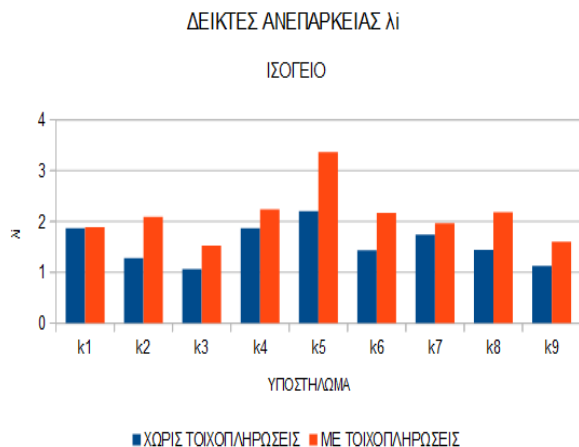
Να σημειωθεί πως οι απαιτήσεις για τέμνουσα είναι πάρα πολύ μικρές οπότε τα μέλη ενισχύθηκαν βάσει της απαίτησης για πλαστιμότητα η οποία θα υπερκαλύψει την απαίτηση της τέμνουσας.

2)Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών Med για εύρεση των δεικτών ανεπάρκειας:

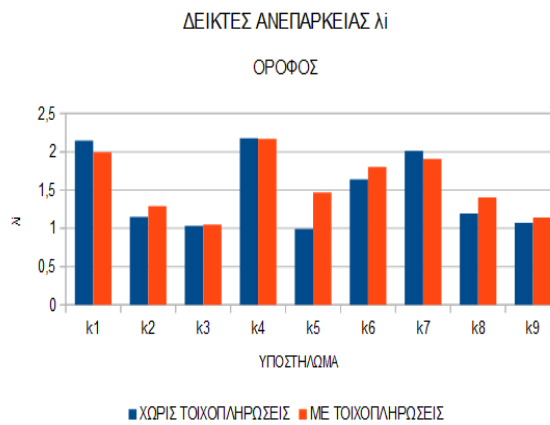
Αφού πλέον εξασφαλίστηκε η πλαστική συμπεριφορά σε όλα τα μέλη της κατασκευής (με βάση το ανωτέρω σχόλιο) προσδιορίζουμε τα εντατικά μεγέθη σύμφωνα με τη γενική ανίσωση ασφαλείας (α) όπου m ο διαθέσιμος τοπικός δείκτης του μέλους σύμφωνα με τις

μεθόδους του κεφαλαίου 7 για Β' στάθμη επιτελεστικότητα και S_g , S_e από την ανάλυση ($q=1$).

Οι δείκτες ανεπάρκειας παρουσιάζονται στα παρακάτω ραβδογράμματα (Σχήμα 7α, Σχήμα 7.β)



Σχήμα 7.α.



Σχήμα 7.β.

Για την επάρκεια όλων των υποστηλωμάτων στο σύνολό τους απαιτείται $m_{απ}=λ_i$.

2) Προσδιορισμός απαιτούμενων δεικτών πλαστιμότητας $μ_1/r$ για κάθε μέλος

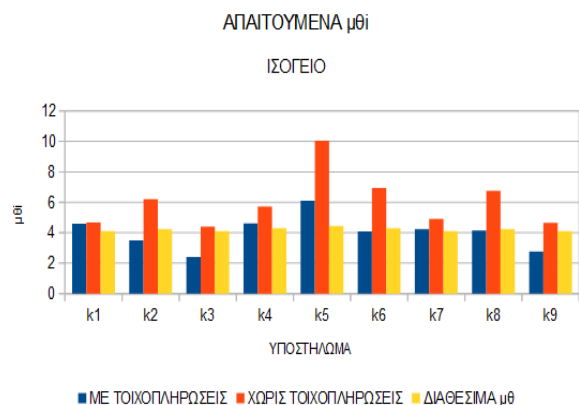
Το απαιτούμενό $μ_1/r$ προσδιορίζεται ως $μ_1/r=3*m_{απ} -2$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §8.2.3.). Τα αποτελέσματα των απαιτούμενων $μ_1/r$ απεικονίζονται στον Πίνακα 7.

3) Απαίτηση για τη Β' Στάθμη Επιτελεστικότητας

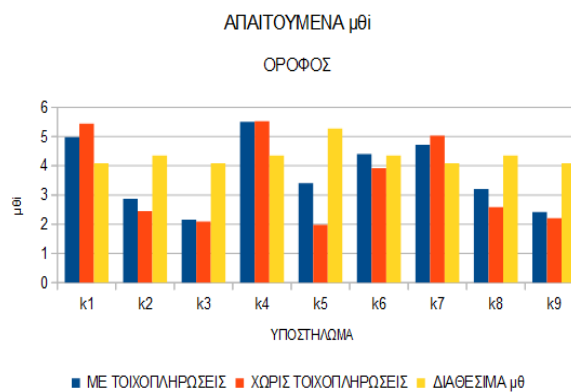
Για τη Β' Στάθμη Επιτελεστικότητας (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §4.7.1) ο τοπικός δείκτης πλαστιμότητας $m=θd/θy$, όπου $θd=0,5*(dy+du)/γrd$ (για πρωτεύοντα στοιχεία) και $γrd=1,5$ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. Παράρτημα 9) και τα m τίθενται ίσα με τα ως άνω υπολογισθέντα $m_{απ}$.

Θέτοντας $μθ=θu/θy$ καταλήγουμε σε $m=(μθ/3)+(1/3)$. Λύνοντας ως προς $μθ$ βρίσκουμε τα απαιτούμενα $μθ_{απαιτ}$ που πρέπει να αναπτύξει κάθε μέλος για την επάρκεια του.

Τα $μθ_{απαιτ}$ σε σύγκριση με τα διαθέσιμα $μθ_{διαθ}$ παρουσιάζονται στα παρακάτω ραβδογράμματα (Σχήμα 8.α., 8.β.):



Σχήμα 8.α.



Σχήμα 8.β.

6) Τελική ενίσχυση

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως στη μέθοδο q για τον προσδιορισμό της ενίσχυσης. Στον Πίνακα 7. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΩΝ

ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΙΣΟΓΕΙΟ				CFRP	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ	
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	$\mu 1/r$	ε _{cu,c}	ΠΛΗΘΟΣxΠΑ ΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s
k1	0,2565986737	12,011283627	0,015595322	2x0,17	L50x50x5	25x5/150
k2	0,1805764211	16,618987098	0,0184447117	3x0,17	L50x50x5	25x5/110
k3	0,2193394772	11,21381518	0,0059549775	-	-	-
k4	0,3051294268	15,173295152	0,0234268834	3x0,17	L50x50x5	25x5/80
k5	0,1917081389	28,129035647	0,0221067831	4x0,3	L50x50x5	50x5/100
k6	0,155317428	18,845174614	0,0108779929	3x0,17	L50x50x5	25x5/80
k7	0,2421829139	12,690439797	0,0155514429	2x0,17	L50x50x5	25x5/150
k8	0,1730939353	18,297174005	0,0206932687	3x0,17	L50x50x5	25x5/100
k9	0,2235087662	11,945984084	0,0053523133	-	-	-
ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΟΡΟΦΟΣ				CFRP	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ	
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	$\mu 1/r$	ε _{cu,c}	ΠΛΗΘΟΣxΠΑ ΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s
k1	0,1089370857	14,31493241	0,0078907007	1x0,12	L50x50x5	30x5/150
k2	0,114922782	5,3385834708	0,0031044358	-	-	-
k3	0,0935660837	4,2702863108	0,0020217431	-	-	-
k4	0,130768087	14,569237297	0,0096402679	1x0,17	L50x50x5	30x5/175
k5	0,0899926285	3,9406988708	0,0017944473	3x0,17	-	-
k6	0,1259931583	9,7554079628	0,0062193202	-	-	-
k7	0,1053192842	13,086300924	0,0069738936	1x0,12	L50x50x5	30x5/150
k8	0,1158057711	5,7433677992	0,0033654826	-	-	-
k9	0,0878244389	4,6327962574	0,002058776	-	-	-
ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΙΣΟΓΕΙΟ				CFRP	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ	
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	$\mu 1/r$	ε _{cu,c}	ΠΛΗΘΟΣxΠΑ ΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s
k1	0,2828841718	11,797324157	0,0168866179	2x0,15	L50x50x5	25x5/150
k2	0,2062058595	8,4735322493	0,0088412975	-	-	-
k3	0,0617633281	5,1991307368	0,001624845	-	-	-
k4	0,2794483904	11,825166713	0,0167208904	2x0,17	L50x50x5	25x5/120
k5	0,161650334	16,289214993	0,0133237746	2x0,2	L50x50x5	25x5/200
k6	0,1491492534	10,24542503	0,0077321733	-	-	-
k7	0,2666207427	10,725008616	0,0144691194	2x0,15	L50x50x5	25x5/180
k8	0,2222137922	10,435491721	0,0117336856	-	-	-
k9	0,0597636829	6,3246941901	0,0019126143	-	-	-
ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΟΡΟΦΟΣ				CFRP	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ	
ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑ	v	$\mu 1/r$	ε _{cu,c}	ΠΛΗΘΟΣxΠΑ ΧΟΣ(mm)	ΚΑΘ' ΥΨΟΣ L(mm)x(mm)x(mm)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ (ελάσματα) (mm)x(mm)/s
k1	0,1245030428	12,951709947	0,0081593881	1x0,12	L50x50x5	25x5/150
k2	0,1221740431	6,5939623725	0,0040763919	-	-	-
k3	0,1198910294	4,4517509467	0,0027006485	-	-	-
k4	0,1360321521	14,509567536	0,0099872646	1x0,17	L50x50x5	25x5/175
k5	0,0943025423	8,2157276609	0,0039203059	-	L50x50x5	25x5/225
k6	0,1360806336	11,211904514	0,0077201587	-	-	-
k7	0,1194475304	12,137752995	0,0073361126	1x0,12	L50x50x5	25x5/150
k8	0,1162405771	7,6304460067	0,0044880553	-	-	-
k9	0,1140968405	5,2648808117	0,0030395737	-	-	-

Πίνακας 7.

5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ q ΚΑΙ m

Σε πρώτη φάση συγκρίνουμε τη μέθοδο q και m ως προς τη διαθέσιμη πλαστιμότητα που λαμβάνεται υπ όψιν για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής. Για τη μέθοδο m, στηριζόμενοι στο σχόλιο της παραγράφου 4.7.1 (ΚΑΝ.ΕΠΕ), μέσω των τοπικών δεικτών m υπολογίζεται ο αντίστοιχος ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς q με βάση την μεθοδολογία κατά το Παράρτημα 4.2 και τελικώς $q=1,93$. Για τη μέθοδο q, υπενθυμίζεται ότι ο διαθέσιμος δείκτης συμπεριφοράς εκτιμήθηκε από τον Πίνακα Σ4.4 (§4.6.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ) $q=1,3$. Εύκολα συμπεραίνουμε ότι ως προς το κομμάτι της αποτίμησης η ελαστική μέθοδος με τη χρήση του κοθολικού δείκτη q είναι συντηρητικότερη αυτής με χρήση τοπικών δεικτών πλαστιμότητας m.

Σε δεύτερη φάση συγκρίνουμε την απαίτηση για ενίσχυση που προκύπτει με βάση τις δύο μεθόδους. Παρατηρούμε από τους Πίνακες 6, 7 ότι η μέθοδος q δίνει και πάλι συντηρητικότερα αποτελέσματα από την m. Τη μεγαλύτερη διαφορά ως προς την ενίσχυση την παρατηρούμε στον όροφο, πράγμα λογικό, αφού η μέθοδος q συσχετίζεται την απαίτηση για ενίσχυση στον όροφο με αυτήν του ισογείου. (κάθε όροφος πρέπει να είναι ικανός να επιδείξει τον παράγων πλαστιμότητας q_p). Αντιθέτως η μέθοδος m βλέπει όλα τα στοιχεία σαν ανεξάρτητα μεταξύ τους είτε του ίδιου είτε διαφορετικού ορόφου. Στην τρίτη και τελική φάση θεωρώντας την πλέον ενισχυμένη κατασκευή ως υφιστάμενη, προχωράμε σε αποτίμηση αυτής με μία ακριβέστερη ανάλυση, τη στατική ανελαστική ανάλυση. Στόχος μας είναι να ελέγξουμε αν τελικά η ενίσχυση που πραγματοποιήθηκε με τις δύο μεθόδους q, m είναι πράγματι ικανή για την επάρκεια της κατασκευής.

ΜΕΡΟΣ Β'

6. ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται ανελαστική στατική ανάλυση για την ενισχυμένη κατασκευή, όπως αυτή ενισχύθηκε σύμφωνα με τις μεθόδους q και m. Στόχος είναι και για τις δύο αναλύσεις να διαπιστωθεί αν τα μέλη επαρκούν για τη Στάθμη Επιτελεστικότητας B', και να εκτιμηθεί για τον έλεγχο της μεθόδου q, ένα ακριβέστερο q. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για την κατασκευή και χωρίς τις τοιχοπληρώσεις αλλά και με τις τοιχοπληρώσεις με τα στοιχεία ενίσχυσης που προσδιορίστηκαν για τα ινοπλισμένα πολυμερή άνθρακα (CFRP). Για την ανελαστική στατική ανάλυση απαιτήθηκαν μειωμένες δυσκαμψίες οι οποίες ελήφθησαν από το πρόγραμμα ανάλυσης διατομής BIAx. Το ποσοστό μείωσης των δυσκαμψιών λήφθηκε ως μέσος όρος των τιμών που εξήγαγε το BIAx, δηλαδή για τα δοκάρια και τα περιμετρικά υποστηλώματα 15% ενώ για το κεντρικό υποστηλώμα 20%.

Αρχικά γίνεται ο έλεγχος αν μπορεί να εφαρμοστεί ανελαστική στατική ανάλυση κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. κατά την §5.7.2.α.. Η στατική ανελαστική ανάλυση εφαρμόζεται σε κτήρια στα οποία η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών δεν είναι σημαντική, και συνίσταται να εξασφαλίζεται Ικανοποιητική Σ.Α.Δ.. Επίσης πραγματοποιείται δυναμική ελαστική ανάλυση για να διαπιστωθεί εάν από τις τρεις πρώτες ιδιομορφές καλύπτεται το 90% της συνολικής μάζας. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 8:

MODE	PERIOD (sec)	SUM U _x	SUM U _y
1	1,18	0,00625	0,12233
2	1,07	0,91787	0,13
3	1,026	0,9218	0,92678
4	0,419	0,92219	0,93427
5	0,372	0,99016	0,93541
6	0,362	1	1

Πίνακας 8 . Ποσοστό μάζας που καλύπτεται από τις ιδιομορφές

Ακόμη πραγματοποιείται μία δυναμική ελαστική ανάλυση με βάση τις ιδιομορφές που συνεισφέρουν στο 90% της ταλαντούμενης μάζας και μία με βάση μόνο την 1^η ιδιομορφή σε κάθε διεύθυνση. Η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών θεωρείται σημαντική όταν η τέμνουσα του κάθε ορόφου από την πρώτη ανάλυση υπερβαίνει το 130% της τέμνουσας από τη δεύτερη. Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

	Τέμνουσες 1 ^{ης} ανάλυσης	Τέμνουσες 2 ^{ης} ανάλυσης
1ος όροφος	1836	1820,67
2 ^{ος} όροφος	1107,88	1083,19

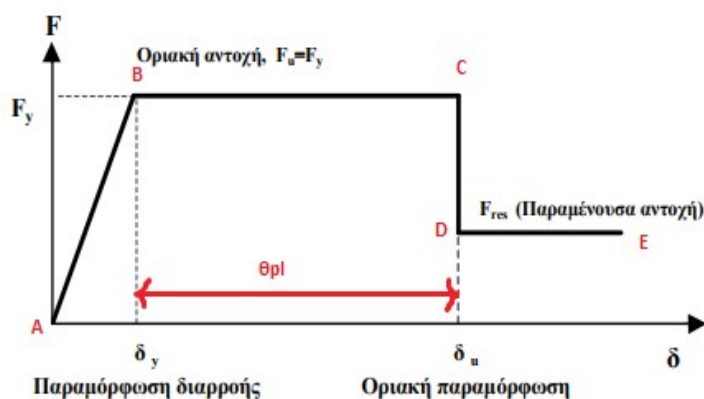
Πίνακας 9. Τέμνουσες Βάσης

Παρατηρούμε ότι οι τέμνουσες της 2^{ης} ανάλυσης δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες της 1^{ης} σε ποσοστό μεγαλύτερο από 130%

Συνεπώς επιτρέπεται να εφαρμοστεί η στατική ανελαστική ανάλυση.

6.1.ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Για τα υποστηλώματα για τα οποία δεν απαιτείται ενίσχυση το θy υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση Σ.4. της παραγράφου 7.2.2. και του Παραρτήματος 7.Α. του ΚΑΝ.ΕΠΕ. και τα θu υπολογίζονται από τη σχέση Σ.8.α. της παραγράφου 7.2.4. Τα θy και θu υπολογίστηκαν για τιμές ανηγμένου αξονικού που κυμαίνονται από 0,8 έως 0. Για τις ιδιότητες πλαστικών αρθρώσεων που απαιτούνται για την ανάλυση υπολογίστηκαν τα $\theta r_l = \theta u - \theta y$, για όλες τις τιμές αξονικού φορτίου. Οι πλαστικές αρθρώσεις σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.1.2.2. παρουσιάζουν τη συμπεριφορά στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9. (Σχήμα ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.1.2.2.)

Επομένως επιτρέπεται να ληφθεί $M_y = M_u$. Τα μεγέθη του διαγράμματος προσδιορίζονται με βάση την §7.1.2. του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Επίσης για την κάθε πλαστική άρθρωση (για κάθε αξονικό) πρέπει να υπολογιστούν τα όρια των Σταθμών Επιτελεστικότητας σύμφωνα με το Παράρτημα 9Α και να εισαχθούν στο πρόγραμμα. Τα διάγραμμα αλληλεπίδρασης της κάθε διατομής υπολογίστηκαν με το πρόγραμμα ανάλυσης διατομής ΒΙΑΧ, και εισήχθησαν στο πρόγραμμα ανάλυσης.

Οι τιμές που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των πλαστικών αρθρώσεων για τα δοκάρια λήφθηκαν από το ΒΙΑΧ.

Για τις ενισχυμένες διατομές :

Θεωρώντας ότι οι αρχικές τιμές στόχου του $\mu l/r$ (πριν την επέμβαση) είναι πλέον διαθέσιμες (μετά την επέμβαση) αλλά μόνο για τη δεδομένη τιμή του αξονικού φορτίου με το οποίο έγινε η ενίσχυση, προσδιορίζουμε τα διαθέσιμα $\mu \theta = (\mu l/r + 2)/3$ όλων των υποστηλωμάτων (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 §8.2.3.δ.ιν). Στη συνέχεια θεωρείται ότι το θy παραμένει σταθερό και μετά την ενίσχυση με το σύνθετο υλικό ([Σημειώσεις στα Ελληνικά - Ενισχύσεις](#)

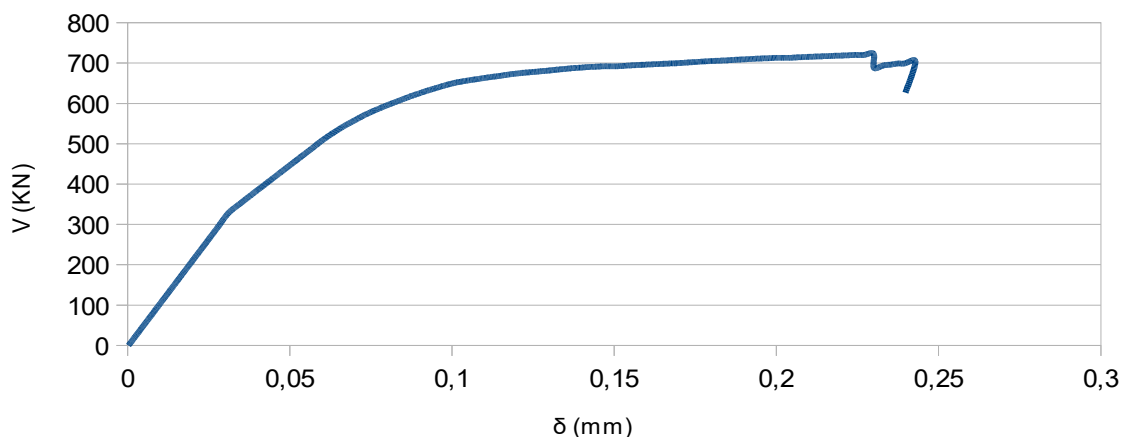
Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος και Φέρουσας Τοιχοποιίας με Σύνθετα Υλικά- §6.3,Α.Τριανταφύλλου). Τέλος, η γωνία πλαστικής στροφής θ_u υπολογίζεται όπως επιτρέπει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.2013 §6.5.(όταν δε διατίθεται ακριβέστερη μέθοδος η πλαστική γωνία στροφής μπορεί να εκτιμάται μετά τις δομητικές επεμβάσεις, ως $\theta_u = \mu\theta^* \theta_y$). Για την εκτίμηση της θ_u για τα υπόλοιπα αξονικά φορτία έγινε η παραδοχή η πλαστική στροφή επηρεάζεται από το αξονικό φορτίο από τον όρο 0,3^v όπως στην εξίσωση Σ8.α. του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Εν τέλει υπολογίστηκε το $\theta_{pl} = \theta_u - \theta_y$ και τα όρια για τις Στάθμες Επιτελεστικότητας όπως παραπάνω.

6.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ

Αρχικά παρουσιάζονται στο Σχήμα 10.α. και στο Σχήμα 10.β. οι καμπύλες αντίστασης που προέκυψαν από τα δεδομένα των μεθόδων q και m για ανάλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις.

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ V-δ

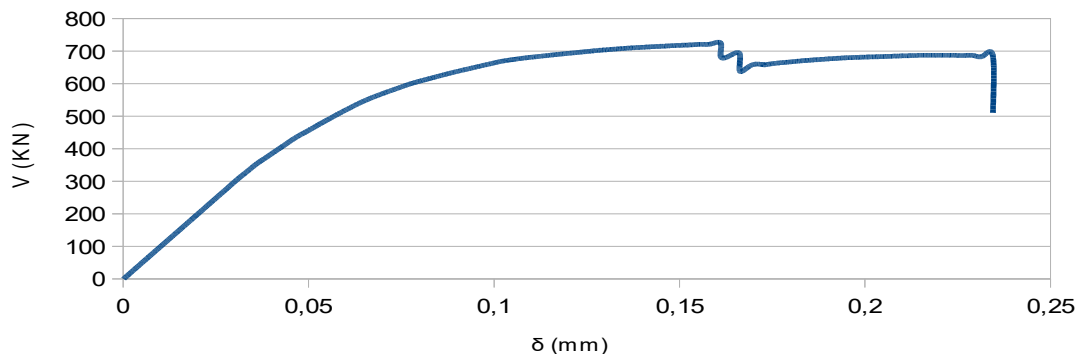
Μέθοδος q



Σχήμα 10.α. Καμπύλη Αντίστασης-Μέθοδος q-Χωρίς Τοιχοπληρώσεις

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ V-δ

Μέθοδος m



Σχήμα 10.β. Καμπύλη Αντίστασης-Μέθοδος m-Χωρίς Τοιχοπληρώσεις

Στο Σχήμα 10.α. και 10.β. παρατηρούμε ότι όταν ένα στοιχείο σπάει η τέμνουσα βάσεως πέφτει απότομα. Παρ' όλα αυτά η κατασκευή συνεχίζει να λειτουργεί κανονικά και να αναλαμβάνει μεγάλη τέμνουσα βάσεως λόγω της υπερστατικότητας και των ανακατονομών της έντασής της.

Επίσης βλέπουμε πως η μέθοδος q και η μέθοδος m αποδίδουν περίπου ίδια ικανότητα μετακίνησης στην κατασκευή, παρ'όλο που για τη μέθοδο m η ενίσχυση ήταν πολύ μικρότερη. Παρατηρούμε, ωστόσο, ότι για τη μέθοδο m παρουσιάζεται μια πρόωρη αστοχία για δ περίπου ίσο με 0,15 mm.

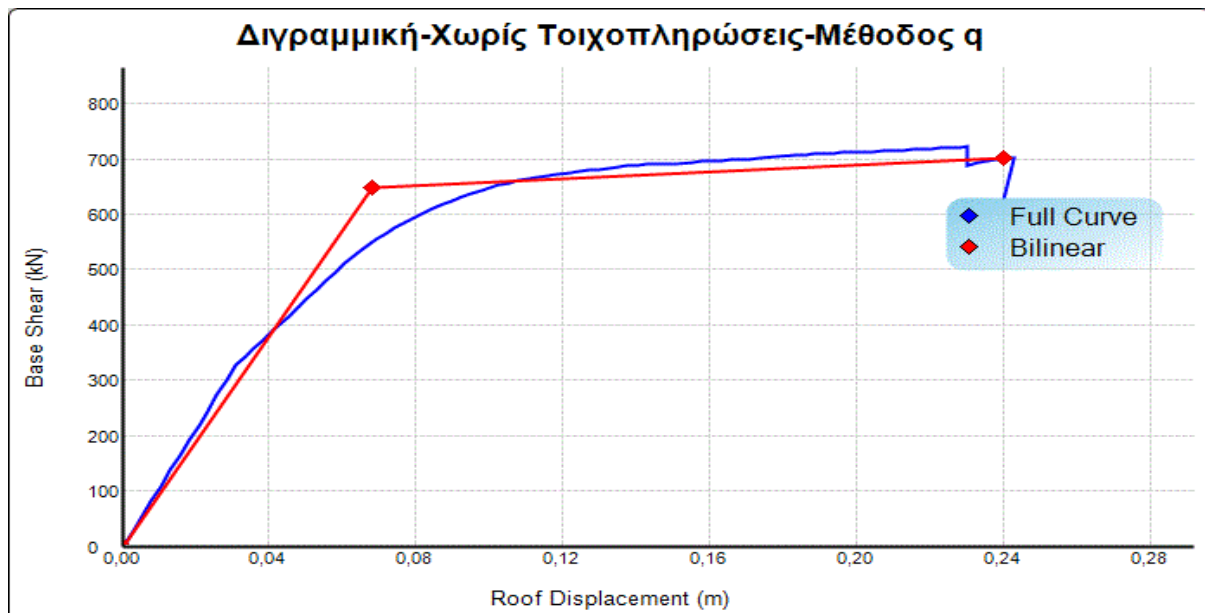
Ο έλεγχος της κατασκευής πραγματοποιήθηκε με τον προσδιορισμό δεικτών ανεπάρκειας για τις κρίσιμες διατομές των υποστηλωμάτων και όχι με την καμπύλη αντίστασης. Ο έλεγχος θα πραγματοποιηθεί για τα αποτελέσματα και των δύο μεθόδων q και m.

Πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός των δεικτών ανεπάρκειας για τις ενισχυμένες διατομές για να προσδιοριστεί αν επαρκούν τα ενισχυμένα μέλη για τη στοχευόμενη μετακίνηση δt (KAN.ΕΠΕ. 2013 §5.7.3.4.). Οι δείκτες ανεπάρκειας για τα μέλη της κατασκευής υπολογίστηκαν ως $\lambda_i = S_d/R_d$, σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών. δηλαδή:

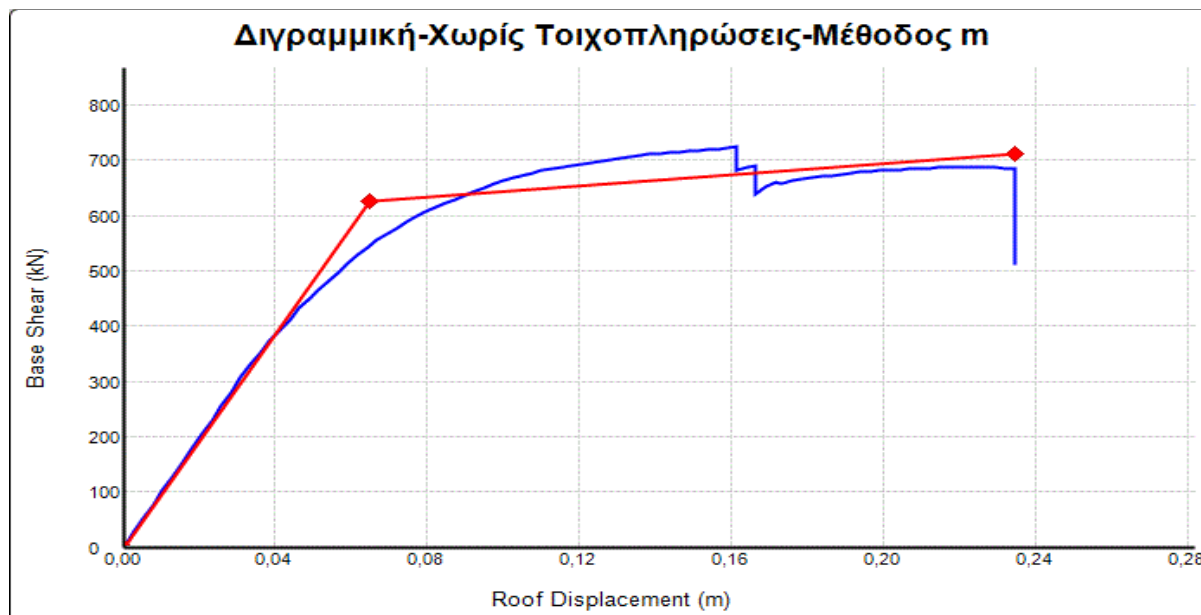
- S_d : η γωνία στροφής θ της κρίσιμης διατομής του κάθε μέλους, στο βήμα που αντιστοιχεί στη στοχευόμενη μετακίνηση δ της κατασκευής.
- R_d : η γωνία στροφής που αντιστοιχεί στο όριο για τη Στάθμη Επιτελεστικότητας B' που ορίζεται ως $\theta_d = 0,5 * (\theta_u + \theta_y) / \gamma_{RD}$.

6.2.1. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για τον έλεγχο της επάρκειας των στοιχείων για τη μέθοδο m και q, προσδιορίστηκαν για τις ενισχυμένες κατασκευές (σύμφωνα με τη μέθοδο q, και σύμφωνα με τη μέθοδο m). Για την εύρεση των δεικτών ανεπάρκειας προσδιορίστηκε και στις δύο περιπτώσεις διγραμμικοποίηση των καμπυλών με το BILIN, όπως φαίνεται στα σχήματα 11 και 12.



Σχήμα 11. Διγραμμικοποιημένη καμπύλη αντίστασης-Μέθοδος Q

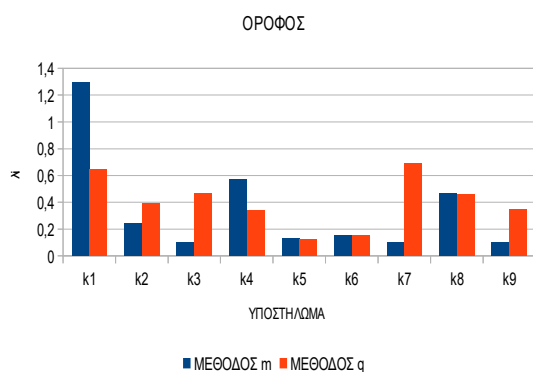


Σχήμα 12. Διγραμμικοποιημένη καμπύλη αντίστασης-Μέθοδος m

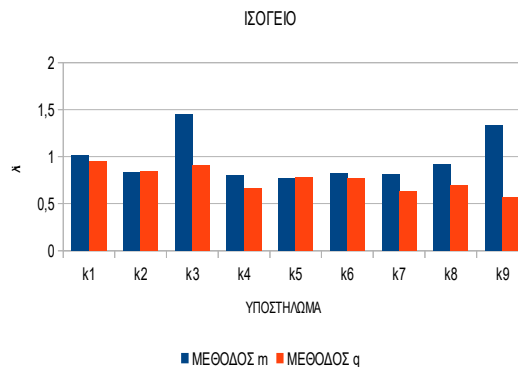
Οι δείκτες ανεπάρκειας των στοιχείων παρουσιάζονται στα σχήματα 13.α. και 13.β. σε συγκριτικά ραβδογράμματα για το ισόγειο και τον όροφο:

ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ λι-ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ

ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ λι-ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ



Σχήμα 13.α.



Σχήμα 13.β.

Όπως φαίνεται η μέθοδος q δίνει συντηρητικότερα αποτελέσματα από τη μέθοδο m, καθώς παρατηρείται πως για τη μέθοδο m, οι δείκτες ανεπάρκειας κάποιων υποστηλωμάτων ξεπερνούν το 1, ενώ για την q κανένας.

Για τη μέθοδο m καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα περισσότερα στοιχεία επαρκούν για τη Στάθμη Επιτελεστικότητα για την οποία έγινε η ενίσχυση εκτός από τα υποστήλωματα K1 ισογείου και K1,K3,K9 ορόφου που ξεπερνούν για λίγο το όριο.

Αυτά τα υποστήλωματα φέρουν το μειονέκτημα, όπως αναφέραμε και στο ΜΕΡΟΣ Α, της έλλειψης συνυπολογισμού της αλληλεπίδρασής τους με τα υπόλοιπα στοιχεία της κατασκευής. (επιμερισμός ευθύνης για το κομμάτι της ενίσχυσης) με αποτέλεσμα τη μικρή απαίτηση σε ενίσχυση και τελικώς την ανεπάρκειά τους στο σύνολο της κατασκευής.

6.2.2 ΕΥΡΕΣΗ ΑΚΡΙΒΕΣΤΕΡΟΥ q

Η διγραμμικοποίηση των καμπυλών πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα BILIN. Παρουσιάζονται οι καμπύλες αντίστασης $V-\delta$ για τη δυσμενέστερη εκ των $+$ και $-x$ διεύθυνση.

Ο ενιαίος καθολικός δείκτης συμπεριφοράς q διαμορφώνεται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 από το γινόμενο:

$$q = q_{\pi} \cdot q_u$$

Η τιμή του παράγοντα υπεραντοχής θα υπολογίζεται ως $q_u = a_u / a_y$ όπου a_u η Τέμνουσα στην αστοχία και a_y η Τέμνουσα στη διαρροή.

Η τιμή του q_{π} σύμφωνα με την παράγραφο 7.2.6. του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Λαμβάνεται ως εξής:

$$-T < T_c \quad \mu_d = 1 + (T_c/T) \cdot (q_{\pi} - 1)$$

$$-T > T_c \quad \mu_d = q_{\pi}$$

Στην περίπτωση μας ισχύει η δεύτερη περίπτωση, όπου $\mu_d = \delta_b / \delta_y$, όπου δ_b η μετακίνηση στην οποία το πρώτο στοιχείο περνάει το όριο της Β' Στάθμης Επιτελεστικότητας, και δ_y η μετακίνηση στη διαρροή όπως προκύπτει από τη διγραμμικοποιημένη καμπύλη.

Η μετακίνηση για την οποία το πρώτο στοιχείο περνάει το όριο της Β' Στάθμης Επιτελεστικότητας είναι $\delta_b = 0,13$ m και $\delta_y = 0,0678$ m.

Άρα υπολογίζεται:

$$q_{\pi} = \mu_d = \delta_b / \delta_y = 0,13 / 0,0678 = 1,912$$

$$q_u = V_u / V_y = 681 / 649,274 = 1,05$$

$$q = q_{\pi} \cdot q_u = 2,05$$

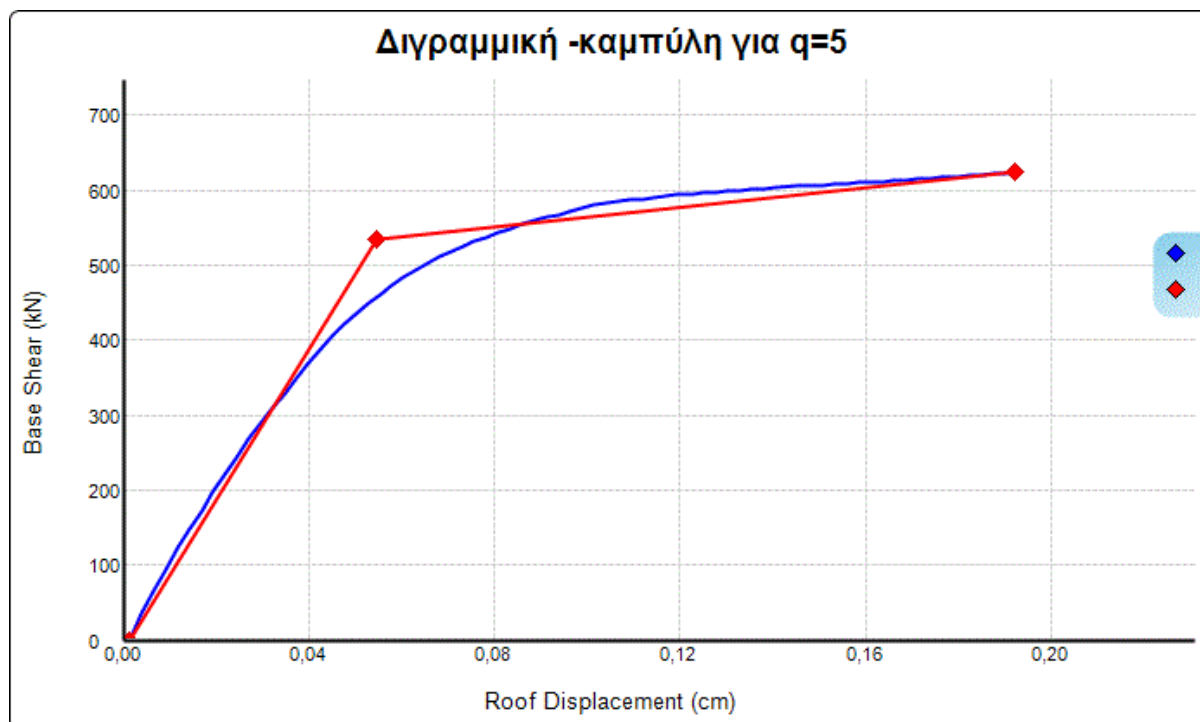
Ο δείκτης συμπεριφοράς q της ενισχυμένης κατασκευής εκτιμήθηκε με την ανελαστική ανάλυση ($q=2,05$) αρκετά μικρότερος απ αυτόν που είχαμε θέσει ως στόχο να πετύχουμε στην ελαστική ανάλυση ($q=5,1$). Ωστόσο αυτοί οι δείκτες δεν είναι άμεσα συγκρίσιμοι. Στην ανελαστική ανάλυση ο δείκτης συμπεριφοράς q όλης της κατασκευής εκτιμήθηκε για μετακίνη δ η οποία αντιστοιχεί σε παράβαση της Β' Στάθμης Επιτελεστικότητας για το πρώτο στοιχείο που την ξεπερνά. Παράλληλα η ελαστική ανάλυση έδωσε στόχο για επίτευξη $q=5,1$ σε 2 μόνο στοιχεία (το κρίσιμότερο για κάθε όροφο) ενώ τα υπόλοιπα ενισχύθηκαν για $q < 5,1$ (λόγω του $\lambda_i / \lambda_{max}$). Αν θεωρήσουμε για την ελαστική ανάλυση μετά την ενίσχυση ότι το q το οποίο πετύχαμε αντιστοιχεί στο στοιχείο με τον ελάχιστο δείκτη πλαστιμότητας (όπως θεωρούμε στην ανελαστική ανάλυση) προκύπτει $m(\text{ελάχιστο}) = 1,95$.

Έτσι λοιπόν καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για να εκτιμήσουμε στην ανελαστική ανάλυση ένα καθολικό δείκτη συμπεριφοράς q συγκρίσιμο με αυτόν που θέσαμε ως στόχο κατά την ενίσχυση με ελαστική ανάλυση θα πρέπει να ενισχύσουμε όλα τα στοιχεία της κατασκευής για $q=5,1$.

6.2.3 Έλεγχος q με ανελαστική ανάλυση για ενίσχυση όλων των στοιχείων με στόχο $m_i = q = 5,1$:

Πραγματοποιείται η ίδια διαδικασία για αποτίμηση και ενίσχυση με χρήση ελαστικής μεθόδου q με τη διαφορά ότι όλα τα στοιχεία ενισχύονται για απαίτηση $m_i = 5,1$ και όχι σύμφωνα με τον επιμερισμό ευθύνης ($\lambda_i / \lambda_{max}$). Τελικώς, προκύπτει η ενίσχυση και πραγματοποιείται στατική ανελαστική ανάλυση για αυτή.

Στη συνέχεια περνάμε τις καινούριες ιδιότητες των πλαστικών αρθρώσεων στο πρόγραμμα SAP και προκύπτουν μετά τη διγραμμικοποίηση με τη βοήθεια του προγράμματος Bilin η καμπύλη αντίστασης:



Σχήμα 14.

Τελικώς εκτιμάται ο καθολικός δείκτης q όπως και προηγουμένως:

$$q_{\pi} = \mu d = \delta_b / \delta_y = 0,192 / 0,0547 = 3,58$$

$$q_u = V_u / V_y = 623,289 / 533,26 = 1,17$$

$$q = q_{\pi} * q_u = 4,19.$$

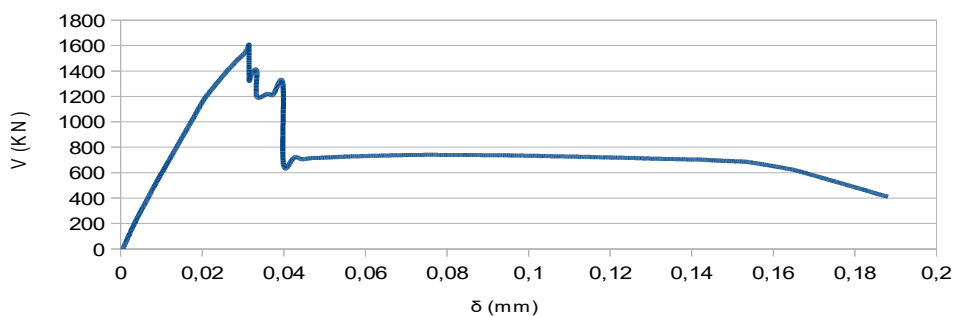
Συμπεραίνουμε ότι για ενίσχυση που στοχεύει το κάθε στοιχείο να μπορεί να επιδείξει $m_i = 5,1$, το q προκύπτει σαφώς πιο κοντά σε αυτό στο οποίο στοχεύσαμε.

6.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ

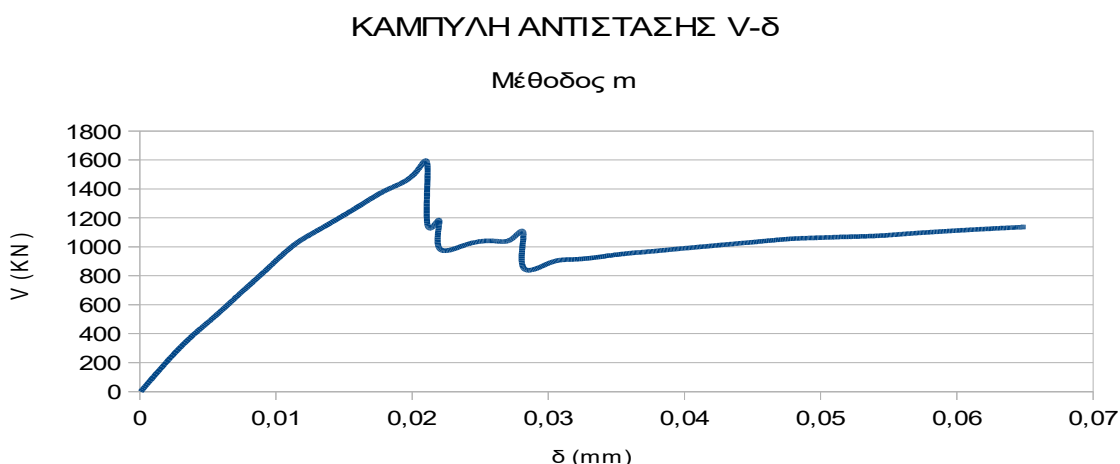
Αρχικά στα σχήματα 15.α. και 15.β. παρουσιάζονται οι καμπύλες αντίστασης για την ανάλυση με τοιχοπληρώσεις.

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ V-δ

Μέθοδος q



Σχήμα 15.α.

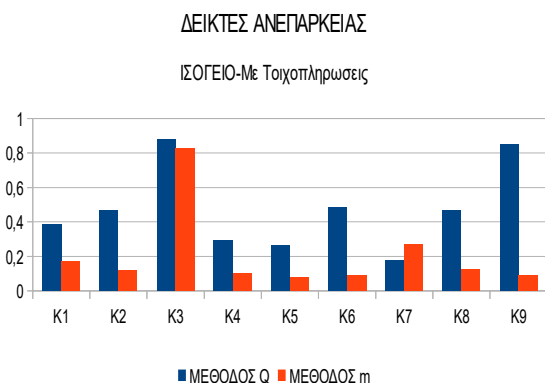


Σχήμα 15.β.

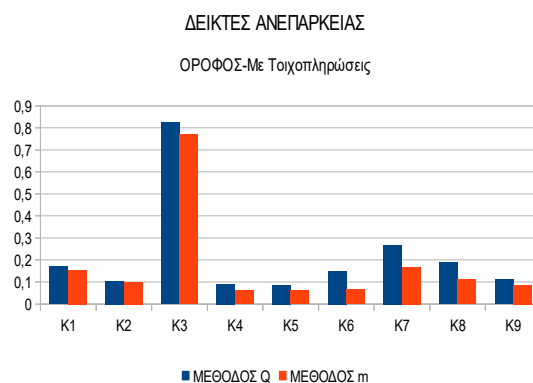
Παρατηρούμε ότι οι τοιχοπληρώσεις προσδίδουν μία πολύ μεγάλη ικανότητα παραλαβής τέμνουσας για μικρές μετακινήσεις και για τις δύο αναλύσεις.

6.3.1. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στα σχήματα 16.α. και 16.β παρουσιάζονται οι δείκτες ανεπάρκειας των υποστηλωμάτων για την ανάλυση με τοιχοπληρώσεις.



Σχήμα 16.α.



Σχήμα 16.β.

Παρατηρούμε μια αστάθεια στα αποτελέσματα των δεικτών ανεπάρκειας για τις μεθόδους q και m για την ανάλυση με τοιχοπληρώσεις. Επίσης οι δείκτες ανεπάρκειας του ορόφου είναι σαφώς μικρότεροι από αυτούς του ισογείου.

7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1.Όσον αφορά το υλικό της ενίσχυσης, η επιλογή του εξαρτάται από το οικονομικό κόστος. Εκτός αυτού, η απαίτηση σε ενίσχυση με CFRP προκύπτει πολύ μεγάλη, επομένως δεν κρίνεται κατάλληλη για την ενίσχυση της συγκεκριμένης κατασκευής.
- 2.Η μέθοδος q δίνει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε σχέση με τη μέθοδο m, γιατί η μέθοδος m προσδιορίζει την απαίτηση με βάση την τοπική πλαστιμότητα του κάθε στοιχείου, ενώ η μέθοδος q δίνει μεγάλες απαιτήσεις λόγω της καθολικής απαίτησης για μδ.
- 3.Όταν η ανάλυση συμπεριλαμβάνει τις τοιχοπληρώσεις τότε μειώνεται αισθητά η απαίτηση για ενίσχυση.
- 4.Είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψιν στην απαίτηση για πλαστιμότητα η Στάθμη Επιτελεστικότητας, γιατί είναι καθοριστική για τα αποτελέσματα και την απαίτηση σε ενίσχυση.
- 5.Μετά την ανελαστική ανάλυση παρατηρούμε ότι οι δείκτες ανεπάρκειας του ισογείου είναι μεγαλύτεροι από του ορόφου και για τις δύο μεθόδους.
- 6.Παρ'όλο που με τη μέθοδο m η ενίσχυση που εφαρμόστηκε ήταν αρκετά μικρότερη από αυτή της μεθόδου q, η ανελαστική ανάλυση έδειξε ότι οι δείκτες ανεπάρκειας των δύο μεθόδων δεν παρουσιάζουν τόσο μεγάλη απόκλιση.
- 7.Αν έχουμε στόχο να πετύχουμε με την ενίσχυση ένα στοχευόμενο q, η ανελάστική ανάλυση δείχνει ότι αυτό μπορούμε να το προσεγγίσουμε αν ενίσχυσουμε όλα τα στοιχεία της κατασκευής για απαίτηση πλαστιμότητας $m_{an}=q$.
8. Οι τοιχοπληρώσεις προσδίδουν στην κατασκευή μία πολύ μεγάλη ικανότητα παραλαβής τέμνουσας για μικρές μετατοπίσεις, ενώ μετά την αστοχία τους συνεχίζουμε να παρατηρούμε μία πολύ σημαντική ικανότητα παραλαβής τέμνουσας.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 Κανονισμός Επεμβάσεων
- [2] Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος Μέρος I, Μιχαήλ Ν. Φαρδής, Πάτρα 2015
- [3] Πρόγραμμα BILIN, ΤΕΙ Μακεδονίας, Γιώργος Παναγόπουλος, http://teicm.panagor.com/?page_id=766
- [4] Σημειώσεις στα Ελληνικά - Ενισχύσεις Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος και Φέρουσας Τοιχοποιίας με Σύνθετα Υλικά, Α.Τριανταφύλλου
- [5] Πρόγραμμα ΒΙΑΧ, Μ. Σφακιανάκης

